

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-49633

(P2003-49633A)

(43) 公開日 平成15年2月21日 (2003.2.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 1 N 3/02

識別記号

3 2 1

F I

F 0 1 N 3/02

テームコード\* (参考)

3 2 1 K 3 G 0 9 0

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-234876 (P2001-234876)

(22) 出願日 平成13年8月2日 (2001.8.2)

(71) 出願人 000006286

三菱自動車工業株式会社

東京都港区芝五丁目33番8号

(72) 発明者 田中 多聞

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車

工業株式会社内

(72) 発明者 西原 節雄

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車

工業株式会社内

(74) 代理人 100090022

弁理士 長門 侃二

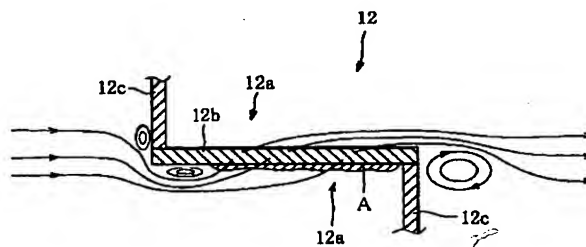
Fターム (参考) 3G090 AA02 CA01 DA04 DA13 EA06

(54) 【発明の名称】 バティキュレートフィルタの捕集量推定方法

(57) 【要約】

【課題】 フィルタに堆積したバティキュレートの捕集量を正確に推定し、ひいては、フィルタの強制再生制御を適切なタイミングで実施できるバティキュレート捕集量の推定方法を提供する。

【解決手段】 バティキュレートの燃焼に影響されることがないクリーン状態のDPF自体の圧損 $\Delta P_{clean}$ については、事前の試験により正確な圧損特性を測定できるため、これにより得られたマップに基づいて基準温度相当の圧損 $\Delta P_{clean\ rt}$ を求め (S12)、一方、バティキュレートの圧損 $\Delta P_w$ については、比較的単純な特性として捉えることができるため、排ガスの粘性係数 $\mu_{ex}$ を用いて基準温度での値 $\Delta P_w/\mu_{ex}$ に換算し、これらの値 $\Delta P_{clean\ rt}$ 、 $\Delta P_w/\mu_{ex}$ から基準温度でのDPFの総圧損 $\Delta P_{rt}$ を求めて (S14)、総圧損 $\Delta P_{rt}$ に基づいて捕集量を推定する (S16)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気通路に設けられて排気中のパティキュレート捕集するパティキュレートフィルタにおけるパティキュレート捕集量の推定方法において、

上記フィルタの圧力損失を検出すると共に、上記フィルタを通過する排ガス流量及びフィルタ温度を検出又は推定し、

上記検出又は推定した排ガス流量及びフィルタ温度に応じて求めたフィルタ本体分圧力損失と上記検出した圧力損失とに基づいてパティキュレート堆積分圧力損失を算出し、

上記検出又は推定した排ガス流量に応じて求めた基準温度相当フィルタ本体分圧力損失と上記パティキュレート堆積分圧力損失を基準温度相当に換算した基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失とに基づいて基準温度相当圧力損失を求め、

上記基準温度相当圧力損失と上記検出又は推定した排ガス流量とに基づいてパティキュレート捕集量を推定することを特徴とするパティキュレートフィルタの捕集量推定方法。

【請求項2】 上記基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失への換算は、上記フィルタ温度に応じた係数と上記パティキュレート堆積分圧力損失とに基づいて行うことを特徴とする請求項1に記載のパティキュレートフィルタの捕集量推定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関（以下、エンジンという）の排気通路に設けられて排気中のパティキュレートを捕集するパティキュレートフィルタにおけるパティキュレート捕集量の推定方法に関するものである。

## 【0002】

【関連する背景技術】ディーゼルエンジンから排出される排ガスには、HC、CO、NOx等のほかにパティキュレートが多く含まれており、このパティキュレートを処理するための後処理装置として、排ガス中のパティキュレートを捕集するパティキュレートフィルタが提案されている。フィルタのパティキュレート捕集量には限界があるため、捕集量の推定処理を実施して、推定した捕集量が所定値に達した時点で、フィルタを昇温してフィルタ上のパティキュレートを焼却除去する強制再生制御を実施している。

【0003】パティキュレート捕集量の推定処理としては、捕集量が排ガス流量とフィルタでの圧損（フィルタの前後差圧）に対して相関することに着目し、予め設定されたマップに従って、排ガス流量及びフィルタ圧損から捕集量を推定する手法が実施されている。しかしながら、フィルタでの圧損状態は排ガスの粘性に影響される

ため、排ガス流量が同一であっても、エンジンの運転状態の変化に伴って排気温度と共に排ガスの粘性が変化すると、フィルタ圧損状態が変動し、結果として推定捕集量に誤差が生じてしまうという問題がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】その対策として、上記マップを温度毎に設定して、温度に対応したマップより捕集量を求めることが考えられる。このときのマップは、事前の試験により、各温度においてパティキュレート捕集量とフィルタを流通するガス量とを変化させながら、フィルタ圧損を測定することにより設定される。しかしながら、例えば600℃以上の高温域で、酸素を含むガスをフィルタに流通させると、パティキュレートが燃焼して圧損を測定できない事態に陥ってしまう。そこで、不活性ガスを用いることも考えられるが、この場合には、大掛かりな試験設備を要するという別の問題が生じる。

【0005】又、別の対策として、上記パティキュレートの燃焼の虞がない温度域（例えば、室温）を基準温度としてマップ設定しておき、高温域で検出したフィルタ圧損を、温度に応じた粘性係数を用いて基準温度での値に換算した上で、基準温度のマップに基づいて捕集量を算出することも考えられる。しかしながら、フィルタでの圧損は種々の要因、例えばフィルタの通路形状や気孔含有率、或いはパティキュレート捕集量等が重なり合って発生するものであり、全ての要因を考慮した換算処理は不可能である。従って、基準温度に換算後のフィルタ圧損には大きな誤差が含まれ、結果として正確な捕集量の推定ができないという問題が生じてしまう。

【0006】又、特開平9-88554号公報には、フィルタ圧力損失の検出値をフィルタ温度とフィルタ熱容量とで補正することにより、排気温度が変化してもフィルタの捕集量を正確に検出しようとする技術が開示されているが、フィルタ温度による補正に関しては圧力損失（差圧）に対してフィルタ温度推定値Tdを単純に乗算しているに過ぎず、各種の流れが組み合わさって発生するフィルタ圧力損失の検出値に対する温度の影響を捕集量に正確に反映させることは困難である。

【0007】そこで、本発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、フィルタに堆積したパティキュレートの捕集量を正確に推定し、ひいては、フィルタの強制再生制御を適切なタイミングで実施することができるパティキュレート捕集量の推定方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本願発明者が更なる研究を進めた結果、フィルタの総圧力損失は、フィルタ自体の圧力損失（フィルタの通路形状や気孔含有率等による圧力損失）と捕集されたパティキュレートによる圧力損失とに大別できるとの知見を得た。そして、フィルタ自

体の圧力損失については、パティキュレート堆積分の影響を受けないため、精度の高い推定が容易であり、一方、パティキュレートの圧力損失については、パティキュレートがフィルタの汙過面に層状に堆積して、比較的単純な特性として捉えられることから、所定温度相当の値に正確に換算できると推測される。

【0009】そこで、以上の知見の基に、上記目的を達成するため、請求項1の発明では、内燃機関の排気通路に設けられて排気中のパティキュレートを捕集するパティキュレートフィルタにおけるパティキュレート捕集量の推定方法において、フィルタの圧力損失を検出すると共に、フィルタを通過する排ガス流量及びフィルタ温度を検出又は推定し、検出又は推定した排ガス流量及びフィルタ温度に応じて求めたフィルタ本体分圧力損失と検出した圧力損失とに基づいてパティキュレート堆積分圧力損失を算出し、検出又は推定した排ガス流量に応じて求めた基準温度相当フィルタ本体分圧力損失とパティキュレート堆積分圧力損失を基準温度相当に換算した基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失とに基づいて基準温度相当圧力損失を求め、基準温度相当圧力損失と検出又は推定した排ガス流量とに基づいてパティキュレート捕集量を推定するようにした。

【0010】即ち、排ガス流量とフィルタ温度とに応じて求めるフィルタ本体分圧力損失は、パティキュレート堆積分の影響を受けないので精度の高い推定が容易であり、このフィルタ本体分圧力損失と検出した圧力損失とを使用すれば、パティキュレート堆積分圧力損失を精度よく推定できる。そして、パティキュレート損失分圧力損失はフィルタ本体分の圧力損失が影響しないので、基準温度相当のパティキュレート堆積分圧力損失に精度よく変換することが容易であり、排ガス流量に応じて求める基準温度相当フィルタ本体分圧力損失とこの基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失とを使用すれば、基準温度相当圧力損失、即ち検出した圧力損失を基準温度相当に変換した値を精度よく求めることができる。そして、この基準温度相当圧力損失と排ガス流量とに基づいて、パティキュレート捕集量を極めて正確に推定可能となり、高温下でも捕集量を正確に推定できる。

【0011】好ましい態様として、上記パティキュレート捕集量の推定を、所定の基準温度での試験結果から設定したマップに基づいて行うことが望ましい。例えば基準温度として、パティキュレートの燃焼の虞がない室温等を設定すれば、試験の際には、パティキュレートを燃焼させることなく、圧力損失（基準温度相当圧力損失）及び排ガス流量に対する捕集量の特性を容易且つ適切にマップ化でき、そのマップに基づいて捕集量を高い精度で推定できる。

【0012】又、別の好ましい態様として、上記フィルタ本体分圧力損失を、パティキュレートが捕集されていないクリーン状態のフィルタを用いた試験結果から設定

したマップに基づいて求めることが望ましい。クリーン状態のフィルタはパティキュレートの燃焼による影響を全く受けないため、高温下での試験データも取得できると共に、フィルタ自体の圧力損失の特性を適切にマップ化でき、結果としてフィルタ本体分圧力損失を高い精度で求めることができる。

【0013】又、請求項2の発明では、基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失への換算を、フィルタ温度に応じた係数とパティキュレート堆積分圧力損失とに基づいて行うようにした。従って、フィルタ温度に応じた係数を使用することにより、温度変化に伴う排ガスの粘性変化に相関した換算処理を容易に実現可能となる。

【0014】好ましい態様として、上記係数として排ガスの粘性係数を適用することが望ましく、排ガスの粘性係数は一般に広く使用されて高い信頼性を有するため、係数としての設定が容易である上に、換算処理の精度をより高めることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体化したパティキュレートフィルタの捕集量推定方法の一実施形態を説明する。図1は本実施形態のパティキュレートフィルタの捕集量推定方法を実施する排気処理装置を示す全体構成図である。当該排気浄化装置は、コモンレール式ディーゼルエンジン1に適用されており、図示しないコモンレールに蓄圧された高圧燃料が各気筒の燃料噴射ノズル2に分配供給されて、燃料噴射ノズル2の開弁に応じてエンジン1の燃焼室内に噴射されるようになっている。

【0016】エンジン1の吸気通路3には、上流側より、エアフローセンサ4、ターボチャージャ5のコンプレッサ5a、インタークーラ6、吸気絞り弁7が設けられている。又、排気通路8には、上流側より、前記コンプレッサ5aに対し同軸上に結合されたターボチャージャ5のタービン5b、酸化触媒9、上流側温度センサ10a、上流側圧力センサ11a、フィルタとしてのDPF（ディーゼル・パティキュレート・フィルタ）12、下流側圧力センサ11b、下流側温度センサ10b、排気絞り弁13が設けられている。

【0017】DPF12はハニカム型のセラミック担体からなり、図2の部分拡大断面図に示すように、多数の排ガス通路12aの上流側と下流側の開口部を交互にプラグ12cで閉鎖することにより、図中に矢印で示すように、通路12aを形成する多孔質の汙過面12bを経て排ガスを流通させるようになっている。そして、酸化触媒9とDPF12により、所謂連続再生式DPFと呼ばれる後処理装置14が構成されている。

【0018】又、前記吸気通路3の吸気絞り弁7より下流位置と前記排気通路8のタービン5bより上流位置とはEGR通路15により接続され、このEGR通路15を経て排ガスがEGRガスとして吸気通路3側に還流されるようになっている。EGR通路15にはEGR弁1

6及びEGRクーラ17が設けられ、EGR弁16の開度に応じて前記EGRガスの還流量が調整されるようになっている。

【0019】一方、図示しない入出力装置、制御プログラムや制御マップ等の記憶に供される記憶装置(ROM, RAM等)、中央処理装置(CPU)、タイマカウンタ等を備えたECU(電子制御ユニット)21が設置されている。ECU21の入力側には、アクセル操作量 $\theta_{acc}$ を検出するアクセルセンサ22、エンジン回転速度Neを検出する回転速度センサ23、前記エアフローセンサ4、上流側と下流側の温度センサ10a、10b及び圧力センサ11a、11b等の各種センサ類が接続され、出力側には前記燃料噴射ノズル2、吸気絞り弁7、排気絞り弁13、EGR弁16等の各種デバイス類が接続されている。

【0020】ECU21はセンサ類からの検出情報に基づいて燃料噴射ノズル2による燃料噴射量や噴射時期を制御すると共に、EGR弁16の開度を制御してEGR還流量を制御し、これによりエンジン1を適正領域で運転させる。一方、図2に示すように、排ガスに含有されたパティキュレートAは、後処理装置14のDPF12を通過する際に濾過面12bに捕捉され、濾過面12b上で層状に堆積する。DPF温度が所定以上の運転状態において、上流の酸化触媒9で生成された酸化剤( $\text{NO}_2$ )によって濾過面12b上のパティキュレートAは連続的に焼却除去され、これにより大気中へのパティキュレートAの排出が防止される。

【0021】又、このような連続再生作用が得られない運転状態が継続されて、DPF12でのパティキュレート捕集量が次第に増加して所定値に達すると、ECU21はパティキュレートAを強制的に焼却除去する強制再生制御を実施する。本実施形態では、強制再生制御として、通常の燃料噴射(主噴射)の後に、膨張行程或いは排気行程において追加燃料を噴射するポスト噴射を実施している。このポスト噴射は、まず、膨張行程側で実施されて、追加燃料を未燃燃料(HC, CO等)として排気中の酸素と反応させて、排気昇温による酸化触媒9の活性化を図り、その後に、噴射時期を排気行程側に切換えて、未燃燃料(HC, CO等)を酸化触媒9上で酸化させたときの反応熱により、DPF12上のパティキュレートAの燃焼除去を図るものである。

【0022】上記強制再生制御の開始条件としては、エンジン1が強制再生制御を実行可能な運転状態(例えば、機関暖機完了や所定以上の機関負荷及び回転速度等)にあると共に、パティキュレート捕集量が所定値に達していることが設定されている。このため、ECU21はパティキュレート捕集量を推定すべく、図3に示すパティキュレート捕集量推定ルーチンを所定の制御インターバルで実行しており、以下、その詳細を説明する。

【0023】まず、ECU21はステップS2で、上流

側及び下流側圧力センサ11a、11bの検出値P1, P2からDPF12での圧損 $\Delta P (=P1-P2)$ を算出し、続くステップS4でDPF12を流通する排ガス流量Vを算出する。排ガスは吸入空気中で噴射燃料が燃焼することにより生成されるため、燃料噴射量、エアフローセンサ4にて検出された吸入空気量A、及び回転速度センサ23にて検出されたエンジン回転速度Neに基づいて、排ガス流量Vが算出される。

【0024】その後、ステップS6で下流側温度センサ10bの検出値T2をDPF12の温度と見なし、このDPF温度と排ガス流量Vとから、パティキュレートAを捕集していないとき(以下、クリーン状態という)のDPF自体の圧損 $\Delta P_{clean}$ を算出する。ここで、DPF12での総圧損(即ち、上記したセンサ検出に基づく $\Delta P$ )は、DPF自体の圧損 $\Delta P_{clean}$ (フィルタ自体の通路形状や気孔含有率等による圧損)と捕集されたパティキュレートAによる圧損(後述する $\Delta P_w$ )とに大別できる。そして、クリーン状態のDPF12ではパティキュレートAの燃焼現象が生じないことから、実際にDPF12を昇温して、DPF温度、排ガス流量V、圧損 $\Delta P_{clean}$ の関係を試験により高い精度で求めることが可能であり、ステップS6では、このようにして設定されたマップ(図示なし)を用いて、現在のDPF温度及び排ガス流量Vに対応するDPF自体の圧損 $\Delta P_{clean}$ が求められる。

【0025】続くステップS8では、現在のDPF温度でのパティキュレートAによる圧損 $\Delta P_w$ を下式(1)に従って算出する。

$$\Delta P_w = \Delta P - \Delta P_{clean} \dots\dots\dots(1)$$

更に、ステップS10で予め設定されたマップ(図示なし)に従って現在のDPF温度から排ガスの粘性係数 $\mu_{ex}$ を算出し、続くステップS12では、上記ステップS6で適用したマップに基づき、現在の排ガス流量VからDPF温度を基準温度(本実施形態では、室温に設定されている)としたときの圧損 $\Delta P_{cleanrt}$ を求める。

【0026】その後、ステップS14で、基準温度でのDPF12の総圧損 $\Delta P_{rt}$ を下式(2)に従って算出する。

$$\Delta P_{rt} = \Delta P_w / \mu_{ex} + \Delta P_{cleanrt} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $\Delta P_w / \mu_{ex}$ は、基準温度でのパティキュレートAによる圧損を表す。つまり、パティキュレートAは試験の際に高温域で燃焼して圧損特性の測定を妨げる要因となるものの、図2に示すように、パティキュレートAはDPF12の濾過面12bに層状に堆積していることから、その圧損 $\Delta P_w$ は比較的単純な特性として捉えることができ、粘性係数 $\mu_{ex}$ で除算するだけで基準温度相当の値に高い精度で換算できるのである。

【0027】その後、続くステップS16で図4のマップに従って、基準温度でのDPF12の総圧損 $\Delta P_{rt}$ と排ガス流量Vとからパティキュレート捕集量を求めて、

ルーチンを終了する。図3のマップ特性は事前の試験により、パティキュレート捕集量と排ガス流量 $V$ とを変化させながら、DPF 12での圧損 $\Delta P_{rt}$ を測定することにより設定されたものである。この試験は室温（基準温度）で実施されるため、パティキュレートAを燃焼させることなく、圧損 $\Delta P_{rt}$ 及び排ガス流量 $V$ に対するパティキュレート捕集量の特性が容易且つ適切に測定される。そして、このようにして推定したパティキュレート捕集量が、上記のように強制再生制御の開始判定に利用される。

【0028】以上のように本実施形態のパティキュレートフィルタの捕集量推定方法では、クリーン状態のDPF自体の圧損 $\Delta P_{clean}$  [フィルタ本体分圧力損失] については、パティキュレートAの燃焼に影響されないことから、事前の試験から得た圧損特性のマップに基づいて基準温度相当のDPF自体の圧損 $\Delta P_{clean\ rt}$  [基準温度相当フィルタ本体分圧力損失] を求め（ステップS12）、一方、パティキュレートAによる圧損 $\Delta P_w$  [パティキュレート堆積分圧力損失] については、比較的単純な特性として捉えることができることから、排ガスの粘性係数 $\mu_{ex}$ で除算して基準温度相当の値 $\Delta P_w/\mu_{ex}$  [基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失] に換算し（ステップS14）、これらの値 $\Delta P_{clean\ rt}$ 、 $\Delta P_w/\mu_{ex}$ から求めた基準温度でのDPF 12の総圧損 $\Delta P_{rt}$  [基準温度相当圧力損失] に基づいてパティキュレート捕集量を推定している（ステップS16）。

【0029】従って、パティキュレートAの燃焼に影響されることなく、マップに基づいて基準温度相当のDPF自体の圧損 $\Delta P_{clean\ rt}$ が高い精度で求められる一方、粘性係数 $\mu_{ex}$ を用いて基準温度相当のパティキュレートAによる圧損 $\Delta P_w/\mu_{ex}$ が高い精度で換算され、結果として、これらの値 $\Delta P_{clean\ rt}$ 、 $\Delta P_w/\mu_{ex}$ から求めた基準温度でのDPF 12の総圧損 $\Delta P_{rt}$ に基づいて、パティキュレート捕集量を極めて正確に推定でき、ひいては、DPF 12の強制再生制御を適切なタイミングで実施することができる。

【0030】又、事前の試験では、パティキュレート捕集量を0（クリーン状態）に設定して、DPF温度及び排ガス流量 $V$ を変化させたときの圧損特性（ステップS6、12で使用）、及びDPF温度を基準温度に設定して、捕集量及び排ガス流量 $V$ を変化させたときの圧損特性（ステップS16で使用）を測定すればよい。即ち、前段の従来技術のように、全てのDPF温度について、排ガス流量及び捕集量に対する圧損特性をマトリックス的に測定する場合に比較して試験量が格段に減少するため、試験コストを低減できると共に、DPF 12の仕様変更等にも容易に対応することができる。

【0031】更に、比較的単純な特性のパティキュレートAの圧損 $\Delta P_w$ のみを基準温度相当値に換算しているため、具体的な処理としては粘性係数 $\mu_{ex}$ で除算するだ

けである。即ち、別の対策として挙げた従来技術のように、フィルタ圧損に関わる全ての要因を考慮した換算処理を実施する場合に比較して、極めて簡単な演算処理により実現でき、結果としてECU 21のコストアップを抑制できるという利点もある。

【0032】以上で実施形態の説明を終えるが、本発明の態様はこの実施形態に限定されるものではない。例えば上記実施形態では、コモンレール式ディーゼルエンジン1に備えられて、上流側に酸化触媒9を設けたDPF 12を対象とした捕集量推定方法に具体化したのが、エンジン1の形式やDPF 12の構造はこれに限らず、例えば、通常のディーゼルエンジンに適用したり、或いは、酸化触媒9と一体化したDPF 12や酸化触媒9を省略した単独のDPF 12を対象とした捕集量推定方法に具体化してもよい。

【0033】又、上記実施形態では、フィルタ温度（検出値 $T_2$ ）を検出し、排ガス流量 $V$ を燃料噴射量、吸入空気量 $A$ 、エンジン回転速度 $N_e$ から推定したが、本実施形態の捕集量推定方法に用いられる各パラメータはどのような手法から得たものでもよく、例えば、センサ検出値 $T_2$ の変化状態に基づき、センサの応答遅れを考慮した上で現在のフィルタ温度を推定したり、或いは、排ガス流量 $V$ を直接センサで検出したりしてもよい。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように請求項1の発明のパティキュレートフィルタの捕集量推定方法によれば、フィルタに堆積したパティキュレートの捕集量を高温下でも正確に推定し、ひいては、フィルタの強制再生制御を適切なタイミングで実施することができる。

【0035】又、請求項2の発明のパティキュレートフィルタの捕集量推定方法によれば、請求項1の発明に加えて、フィルタ温度に応じた係数を使用して基準温度相当パティキュレート堆積分圧力損失への換算を行うため、温度変化に伴う排ガスの粘性変化に 관련된換算処理を容易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態のパティキュレートフィルタの捕集量推定方法を実施する排気処理装置を示す全体構成図である。

【図2】DPFの内部構造を示す部分拡大断面図である。

【図3】ECUが実行するパティキュレート捕集量推定ルーチンを示すフローチャートである。

【図4】基準温度でのDPF圧損 $\Delta P_{rt}$ と排ガス流量 $V$ とから捕集量を求めるためのマップを示す説明図である。

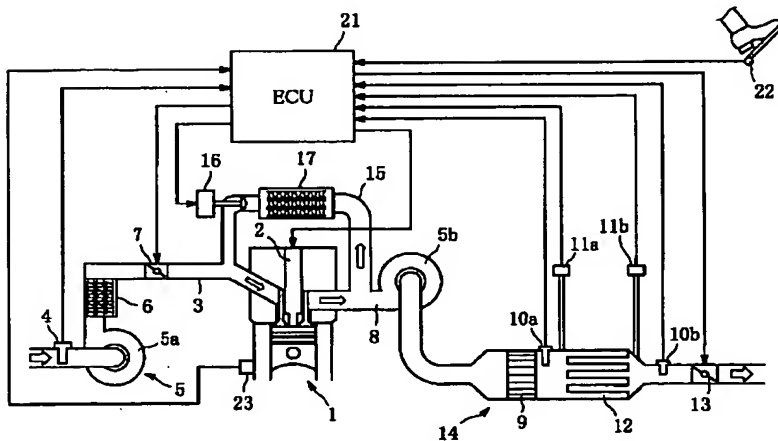
【符号の説明】

- |    |           |
|----|-----------|
| 1  | エンジン      |
| 8  | 排気通路      |
| 12 | DPF（フィルタ） |

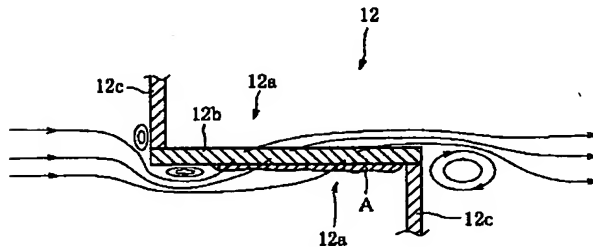
$V$  排ガス流量  
 $T2$  検出値 (フィルタ温度)  
 $\mu_{ex}$  粘性係数  
 $\Delta P$  総圧損 (圧力損失)  
 $\Delta P_{rt}$  基準温度相当圧力損失

$\Delta P_{clean}$  フィルタ本体分圧力損失  
 $\Delta P_{clean\ rt}$  基準温度相当フィルタ本体分圧力損失  
 $\Delta P_w$  バティキュレート堆積分圧力損失  
 $\Delta P_w / \mu_{ex}$  基準温度相当バティキュレート堆積分圧力損失

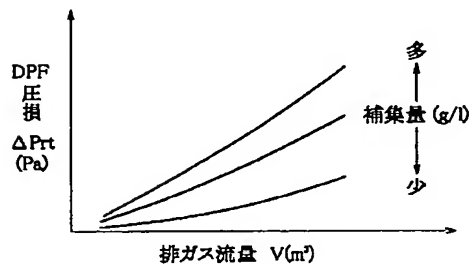
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

